



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 40 35 805 C 1

⑤① Int. Cl. 5:
B 60 T 8/00
B 60 T 8/60

②① Aktenzeichen: P 40 35 805.4-21
②② Anmeldetag: 10. 11. 90
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 3. 92

DE 40 35 805 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart,
DE

⑦② Erfinder:

Götz, Jürgen, Dipl.-Ing., 7073 Lorch, DE; Woll, Peter,
Dipl.-Ing., 7526 Ubstadt, DE; Horwath, Jochen,
Dipl.-Ing., 7441 Unterensingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 21 64 325 B2
DE 39 20 096 A1
DE 39 01 270 A1

⑤④ Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Druckes der Bremsen eines mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhängers oder Aufliegers

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Druckes der Bremsen eines mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhängers, wobei eine Regelung einer zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger bestehenden Koppelkraft auf ihren Sollwert durch eine Variation des Bremsdruckes des Anhängers erfolgt und wobei ein bei einem Bremsvorgang anzusteuender Wert des Druckes der Bremsen des Anhängers zumindest mittelbar aus der Zuordnung des Druckes der Bremsen des Zugfahrzeuges zu dem Druck der Bremsen des Anhängers bei wenigstens einem vorhergehenden Bremsvorgang ermittelt wird, bei dem sich die Koppelkraft gleich ihrem Sollwert eingestellt hat.

DE 40 35 805 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Druckes der Bremsen eines mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhängers oder Aufliegers gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die DE 39 01 270 A1 offenbart eine Bremseinrichtung, bei der beim ersten Bremsen der Druckistwert an dem Anhänger so lange variiert wird bis die gemessene Deichselkraft verschwindet. Aus der Differenz des vorgegebenen Drucksollwertes zu dem Druckistwert wird ein Bremsdruckkorrekturwert abgeleitet.

Dabei sind in der DE 39 01 270 A1 keinerlei Angaben gemacht, wie der Bremsdruckkorrekturwert abgeleitet werden soll.

Es ist weiterhin ein Verfahren bekannt (DT 21 64 352 B2), wonach der Bremsmitteldruck an den Rädern eines Kraftfahrzeug-Anhängers in Abhängigkeit der Koppelkraft zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger geregelt wird. Dabei wird der Bremsmitteldruck so geregelt, daß die Koppelkraft verschwindet bzw. möglichst gering wird, wobei berücksichtigt wird, ob der Bremsvorgang stabil oder instabil ist, d. h. ob im Falle des Auftretens einer positiven Koppelkraft bei einer Erhöhung des Bremsmitteldruckes eine größere Verzögerung des Anhängers erfolgt und somit die Koppelkraft kleiner wird oder ob bei einer Erhöhung des Bremsmitteldruckes die Räder des Anhängers blockieren und somit die Koppelkraft weiter zunimmt.

Bei diesem bisher bekannten Verfahren könnte als nachteilig angesehen werden, daß erst beim Auftreten einer Koppelkraft der Bremsdruck auf einen angepaßten Wert eingestellt wird, wodurch u. U. der Fahrkomfort während des Bremsvorganges beeinträchtigt werden könnte.

Aufgabe der Erfindung ist es, das bekannte Verfahren so zu verbessern, daß während eines Bremsvorganges ein möglichst großer Fahrkomfort gewährleistet ist bei gleichzeitig möglichst großer Fahrsicherheit während des Bremsvorganges.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Bremsdruckes für einen mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhänger oder Auflieger erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen kennzeichnen.

Vorteile der Erfindung gegenüber dem bekannten Stand der Technik bestehen darin, daß der Sollwert der Koppelkraft bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sehr schnell erreicht werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Bremsdruckes für einen mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhänger oder Auflieger wird ein erster Wert für einen momentan optimalen Bremsdruck abgeleitet, indem der momentanen Stellung des Bremswertgebers (Bremspedales) ein aus früheren stationären Bremsvorgängen abgeleiteter Wert des Bremsdruckes des Anhängers bzw. Aufliegers als anzusteuender Wert des Bremsdruckes des Anhängers bzw. Aufliegers zugeordnet wird. Dadurch ist es möglich, sich ergebende Unterschiede der einzelnen Bremsanlagen zu berücksichtigen, die in unterschiedlichen Auslegungen der Bremsanlagen von Zugfahrzeug und Anhänger bzw. Auflieger oder in unterschiedlichen Zuständen bzgl. der Alterung begründet sein können.

Dabei wird ein stationärer Bremsvorgang aus der Bedingung abgeleitet, daß die Koppelkraft über einen längeren Zeitraum gleich 0 bzw. gleich dem Sollwert der Koppelkraft ist, wobei Abweichungen innerhalb eines vorgegebenen Sollwertes, der sich beispielsweise aus den Meßungenauigkeiten ergibt, ebenfalls als stationärer Bremsvorgang erkannt werden. Dieser längere Zeitraum kann dabei insbesondere in der Größenordnung von ca. 0,5 s liegen. Ein Sollwert der Koppelkraft ungleich 0 kann vorteilhaft dann verwendet werden, wenn es sich bei dem Anhänger um einen Zentralachsanhänger handelt. Bei einem solchen Lastzug muß ein der Stützkraft auf das Zugfahrzeug entsprechender Bremskraftanteil für den Anhänger vom Zugfahrzeug übernommen werden. In gleicher Weise kann das Verfahren auch für Sattelzüge verwendet werden. Im folgenden wird in der Beschreibung nur noch allgemein der Begriff "Anhänger" verwendet, wobei allerdings alle hier aufgezeigten Möglichkeiten der Zusammenstellung eines Lastzuges gemeint sind.

In vorteilhafter Weise werden sowohl Änderungen der Konstellation (d. h. ein Wechsel des an das Zugfahrzeug angehängten Anhängers) des Zugfahrzeug-Anhänger-Gespannes sowie Änderungen der Beladung des Zugfahrzeug-Anhänger-Gespannes berücksichtigt, indem bei Änderungen der Konstellation und/oder Änderungen der Beladung ein Reset der gespeicherten Zuordnungen erfolgt. Änderungen der Konstellation des Zugfahrzeug-Anhänger-Gespannes sowie Änderungen der Beladung können dabei beispielsweise aus einer längeren Standzeit oder einem Motorstillstand abgeleitet werden. Die Zeitdauer dieses längeren Stillstandes kann dabei beispielsweise auf 2 Minuten festgelegt sein.

Nachdem sich der der momentanen Stellung des Bremswertgebers zugeordnete Bremsdruck des Anhängers eingestellt hat, kann dann zusätzlich eine Regelung dieses Bremsdruckes dahingehend erfolgen, daß die zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger bestehende Koppelkraft ihren Sollwert erreicht.

In diesem Fall kann dann die Zuordnung der Stellung des Bremswertgebers zu dem Bremsdruck des Anhängers als Zuordnung für einen bei einer bestimmten Stellung des Bremswertgebers anzusteuenden Bremsdruck verwendet werden, wenn diese Regelung wiederum dazu führte, daß ein stationärer Bremsvorgang vorliegt.

Im folgenden werden für die Drucke im Bremssystem verschiedene Indizierungen verwendet. Die Druckbezeichnung p_{ALB} bezeichnet den Druck vor dem automatisch lastabhängigen Bremskraft-Ventil (ALB-Ventil) des Zugfahrzeuges und die Druckbezeichnung p_{KKB} bezeichnet den Druck am Kupplungskopf Bremse zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger und bezeichnet somit den Bremsdruck des Anhängers.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung eines momentan optimalen Druckes p_{KKB} der Bremsen eines mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhängers,

Fig. 2: den qualitativen Verlauf der Abbremsung z in Abhängigkeit der Drucke p_{ALB} und p_{KKB} ,

Fig. 3: die graphische Darstellung einer Anpassung des Bremsverhaltens des Anhängers an das Bremsverhalten des Zugfahrzeuges,

Fig. 4: eine graphische Darstellung der Zuordnung des Druckes p_{KKB} zu dem Druck p_L , der durch die Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers gegeben ist,

Fig. 5: ein numerisch verbessertes Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der graphischen Darstellung der Fig. 4,

Fig. 6: ein Ablaufdiagramm betreffend die Regelung der Koppelkraft F_{Kop} und

Fig. 7: ein System-Blockschaltbild der Steuerung und der Regelung im Zusammenspiel in Verbindung mit dem Zugfahrzeug und dem Anhänger.

Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem zunächst in dem Schritt 101 geprüft wird, ob die Bedingung erfüllt ist, daß die gespeicherten Zuordnungen der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem eingestellten Druck p_{KKB} generell zurückgesetzt werden müssen, weil sich die Beladung und/oder Konstellation des aus einem Zugfahrzeug und einem Anhänger bestehenden Lastzuges möglicherweise geändert hat. In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist diese Prüfung dadurch realisiert, daß geprüft wird, ob der Motor aus ist. In diesem Fall erfolgt ein Übergang zu dem Schritt 102, in dem ein Reset aller gespeicherter Zuordnungen der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem eingestellten Druck p_{KKB} erfolgt. Es gelten dann wiederum die sich aus dem bisherigen Stand der Technik ergebenden Ausgangsabstimmungen zur Zuordnung eines Druckes p_{KKB} zu der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers. Diese vorläufige Zuordnung kann beispielsweise derart sein, daß zunächst der volle Druck p_{ALB} übergeben wird, so daß der Wert des Druckes p_{KKB} gleich dem Wert des Druckes p_{ALB} wird. Wird dann bei einem Bremsvorgang ein stationärer Zustand erreicht, kann diese vorläufige Zuordnung weiter verbessert werden, indem das sich bei diesem Bremsvorgang ergebende Verhältnis zwischen dem Druck p_{ALB} und dem Druck p_{KKB} bei den nächsten Bremsvorgängen verwendet wird, um einen Sollwert für den Druck p_{KKB} zu bestimmen, bis das im folgenden beschriebene Verfahren zur Bestimmung eines Sollwertes für den Druck p_{KKB} durchgeführt ist. Dabei kann diese vorläufige Zuordnung durch eine Mittelung über 10 Werte erfolgen.

In dem Schritt 103 erfolgt dann eine Überprüfung, ob ein Bremsvorgang vorliegt. Diese Überprüfung wird dadurch realisiert, daß festgestellt wird, ob die Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers — im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ein Bremspedal — oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes s_{BWG} , Schwelle liegt. In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 kann dieser Schwellwert in der Größenordnung von ca. 20% der vollen Betätigung des Bremspedals liegen. Wurde dabei festgestellt, daß ein Bremsvorgang vorliegt, wird in dem Schritt 104 ein der momentanen Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers zugeordneter Wert des Druckes p_{KKB} als Sollwert vorgegeben.

Entsprechend dem Schritt 105 erfolgt zusätzlich zu dem anzusteuernenden Sollwert, der entsprechend dem Schritt 104 bestimmt wurde, eine Regelung des Istwertes des Druckes p_{KKB} auf einen solchen Wert, daß die Koppelkraft F_{Kop} zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger gleich dem für diese Koppelkraft F_{Kop} vorgegebenen Sollwert $F_{Kop, soll}$ ist.

In dem Schritt 106 wird dann geprüft, ob der Bremsvorgang ausgeregelt ist, d. h. ob die Koppelkraft F_{Kop} für eine Zeitdauer oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes, der beispielsweise gleich 0,5 s sein kann, gleich dem Sollwert $F_{Kop, soll}$ der Koppelkraft ist. Aufgrund von Schwankungen der Meßwerte durch Meßfehler und durch Störungen durch Fahrbahnebenheiten kann es zu Ungenauigkeiten kommen, so daß Abweichungen der Koppelkraft F_{Kop} von dem Sollwert $F_{Kop, soll}$ der Koppelkraft unterhalb eines Schwellwertes, der beispielsweise in der Größenordnung von 3 kN liegen kann, so gewertet werden, daß die Koppelkraft F_{Kop} gleich dem Sollwert $F_{Kop, soll}$ der Koppelkraft ist. Ist dies der Fall, wird entsprechend dem Schritt 107 die Zuordnung der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers zu dem ausgeregelten Druck p_{KKB} für die Bestimmung eines Sollwertes des Druckes p_{KKB} bei künftigen Bremsvorgängen herangezogen.

Entsprechend der Darstellung der Fig. 1 ist es auch möglich, den dargestellten erfindungsgemäßen Ablauf in mehrere Teile zu unterteilen, wobei der Darstellung der Fig. 1 eine Unterteilung in drei Teile zu entnehmen ist. Dabei kann von einer zentralen Steuereinheit veranlaßt ein sich zyklisch wiederholender Ablauf jedes einzelnen der drei Teile realisiert werden, wobei dann auch unterschiedliche Zykluszeiten für die drei Teile möglich sind.

So können beispielsweise die Schritte 101 und 102 zusammengefaßt werden, indem veranlaßt durch ein Eingangssignal 201 dieser erste Teil gestartet wird, wobei durch das Rückgabesignal 202 der Ablauf dieses ersten Teiles des erfindungsgemäßen Verfahrens wieder beendet wird. Außerdem können die Schritte 103, 104 und 105 zusammengefaßt werden, indem veranlaßt durch ein Eingangssignal 203 dieser zweite Teil gestartet wird, wobei durch das Rückgabesignal 204 der Ablauf dieses zweiten Teiles des erfindungsgemäßen Verfahrens wieder beendet wird. Es werden dann außerdem die Schritte 106 und 107 zusammengefaßt, indem veranlaßt durch ein Eingangssignal 205 dieser dritte Teil gestartet wird, wobei durch das Rückgabesignal 206 der Ablauf dieses dritten Teiles des erfindungsgemäßen Verfahrens wieder beendet wird.

Fig. 2 zeigt den qualitativen Verlauf der Abbremsung z in Einheiten der Erdbeschleunigung g für ein Zugfahrzeug sowie einen Anhänger in Abhängigkeit von dem jeweiligen Druck p_{ALB} und p_{KKB} . Der das Zugfahrzeug betreffenden Kurve der Fig. 2 ist bei einem Druck p_{ALB} von 4 bar zu entnehmen, daß das ALB-Ventil bei diesem Wert des Druckes p_{ALB} auf eine größere Minderung umschaltet, was durch den entsprechenden Knick dieser Kurve sichtbar wird. Demnach können die jeweiligen Abbremsungen z für das Zugfahrzeug und den Anhänger in Form folgender Gleichungen angegeben werden:

Für das Zugfahrzeug:

$$z_{LKW} = \mu_1 \cdot LKW \cdot p_{ALB} + \beta_1 \cdot LKW \quad 1 \text{ bar} < p_{ALB} < 4 \text{ bar}, \quad (1)$$

$$z_{LKW} = \mu_2 \cdot LKW \cdot p_{ALB} + \beta_2 \cdot LKW \quad 4 \text{ bar} < p_{ALB} < p_{max}, \quad (2)$$

Für den Anhänger:

$$z_{Anh} = \mu_{Anh} \cdot p_{KKB} + \beta_{Anh} \quad 1 \text{ bar} < = p_{KKB} < = p_{max.} \quad (3)$$

Dabei hat die Größe μ die Bedeutung einer Steigung der entsprechenden Geraden und die Größe β entspricht dem jeweiligen Schnittpunkt der Geraden mit der z-Achse. Soll nun ein Sollwert F_{Kop} , soll der Koppelkraft von 0 erreicht werden, bedeutet dies, daß die Abbremsungen z_{LKW} und z_{Anh} des Zugfahrzeuges und des Anhängers gleich sein müssen. Für die beiden Bereiche des Druckes p_{ALB} kleiner und größer als 4 bar ergeben sich dann aus den Gleichungen (1) und (3) sowie (2) und (3) die Gleichungen (4) und (5), die gleich so umgestellt sind, daß unmittelbar die Abhängigkeit des Druckes p_{KKB} von dem Druck p_{ALB} sichtbar wird.

$$p_{KKB} = (\mu_{1,LKW} \cdot p_{ALB} + \beta_{1,LKW} - \beta_{Anh}) / \mu_{Anh} \quad (4)$$

$$0 \text{ bar} < = p_{ALB} < = 4 \text{ bar}$$

$$p_{KKB} = (\mu_{2,LKW} \cdot p_{ALB} + \beta_{2,LKW} - \beta_{Anh}) / \mu_{Anh} \quad (5)$$

$$4 \text{ bar} < = p_{ALB} < = p_{max.}$$

Somit zeigt sich, daß eine lineare Abhängigkeit des Druckes p_{KKB} von dem Druck p_{ALB} besteht, wobei der Achsenabschnitt und die Steigung dieser Geraden davon abhängen, ob der Druck p_{ALB} kleiner oder größer als 4 bar ist.

Grundsätzlich ist es also möglich, für jeden der beiden Bereiche $p_{ALB} < 4 \text{ bar}$ und $p_{ALB} > 4 \text{ bar}$ aus jeweils wenigstens zwei Meßpunkten die Geradengleichungen (4) und (5) durch Bestimmung der entsprechenden Steigung und des entsprechenden Achsenabschnittes zu bestimmen. Es ergibt sich somit eine Zuordnung des Druckes p_{ALB} zu dem Druck p_{KKB} , die einem Bremsvorgang entspricht, bei dem die Koppelkraft F_{Kop} gleich 0 ist. Da andererseits die Zuordnung des Druckes p_{ALB} zu der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} bekannt ist, läßt sich somit unmittelbar eine Zuordnung der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem Druck p_{KKB} angeben, bei der die Koppelkraft F_{Kop} gleich 0 wird. Es ist dann möglich, die Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu erfassen und entsprechend dieser Stellung entsprechend dem Schritt 104 einen anzusteuern Wert des Druckes p_{KKB} auszugeben, so daß ein sehr schneller Abbau der Koppelkraft F_{Kop} gewährleistet ist.

Da die meisten Bremsvorgänge im Bereich kleiner Abbremsungen stattfinden, ist zu erwarten, daß sich nur relativ wenige Meßpunkte ergeben, mit denen eine Zuordnung der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers zum Druck p_{KKB} durchgeführt werden könnte, wenn der Druck p_{ALB} größer als 4 bar ist. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aus der Zuordnung der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers zum Sollwert des Druckes p_{KKB} für Werte des Druckes $p_{ALB} < 4 \text{ bar}$ zum Sollwert des Druckes p_{KKB} für Werte des Druckes $p_{ALB} > 4 \text{ bar}$ geschlossen werden.

Es kann dazu beispielsweise eine Hilfsgröße des Druckes mit der Bezeichnung p_L eingeführt werden, die im Bereich $0 < = p_{ALB} < = 4 \text{ bar}$ gleich dem Druck p_{ALB} ist. Für Werte des Druckes p_{ALB} größer als 4 bar ergibt sich dann eine Umrechnung der Werte des Druckes p_{ALB} in zugehörige Werte des Druckes p_L derart, daß mittels der Gl. (1) eine Zuordnung der Abbremsung des Zugfahrzeuges z_{LKW} über dem Druck p_L statt über dem Druck p_{ALB} getroffen wird. Diese Zuordnung gilt dann für den gesamten Bereich des Druckes. Die Änderung der Zuordnung gemäß den anderen Parametern der Gl. (2) für Werte des Druckes p_{ALB} größer als 4 bar wird dann durch die Umrechnung berücksichtigt. Gemäß dieser Anforderung ergibt sich somit folgende Umrechnung für den Druck p_{ALB} in den Druck p_L :

$$p_L = p_{ALB} \quad 0 < = p_{ALB} < = 4 \text{ bar} \quad (6)$$

$$p_L = (p_{ALB} - 4 \text{ bar}) \cdot \mu_{2,LKW} / \mu_{1,LKW} + 4 \text{ bar} \quad (7)$$

$$4 \text{ bar} < = p_{ALB}$$

Gemäß Fig. 3 ergeben sich somit zwei aufeinanderliegende Geraden für die Abbremsung des Zugfahrzeuges z_{LKW} aufgetragen über dem Druck p_L und für die Abbremsung des Anhängers z_{Anh} aufgetragen über dem Druck p_{KKB} , wobei sich die Stauchung sowie die Verschiebung der Achse für den Druck p_{KKB} gegenüber der Achse für den Druck p_L aus den in dem stationären Fall aufgenommenen Meßwerten ergibt, wenn die Koppelkraft F_{Kop} gleich dem Sollwert $F_{Kop, \text{ soll}}$ ist.

Da nun die Zuordnung der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem Druck p_{ALB} bekannt ist, kann durch eine Umstellung der Gl. (6) und (7) auch unmittelbar eine Zuordnung der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem Druck p_L angegeben werden. Werden nun bei stationären Bremsvorgängen (Koppelkraft gleich dem Sollwert) die Zuordnungen der Drucke p_{KKB} zu den Drucken p_L abgespeichert, kann aus diesen Zuordnungen entsprechend der beispielhaften Darstellung in Fig. 4 unmittelbar eine Geradengleichung für den Druck p_{KKB} in Abhängigkeit des Druckes p_L angegeben werden. Somit ist es möglich, unter Verwendung dieser Geradengleichung und der Zuordnung des Druckes p_L zu der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} eine Zuordnung der Stellung des Bremswertgebers s_{BWG} zu dem Druck p_{KKB} anzugeben.

Weiterhin sind den Fig. 4 und 5 einige vorteilhafte Aspekte bzgl. der Vorgehensweise der Bestimmung einer Geradengleichung des Druckes p_{KKB} über dem Druck p_L zu entnehmen. Um eine "hinreichende" lineare Unabhängigkeit der der Berechnung der Geradengleichung zugrundeliegenden Meßpunkte zur Vermeidung numerischer Schwierigkeiten zu gewährleisten, ist es vorteilhaft, die Berechnung der Geradengleichung entsprechend dem Schritt 503 erst dann durchzuführen, wenn wenigstens zwei Meßpunkte vorliegen, deren Werte des Druckes p_L wenigstens 1 bar Differenz aufweisen. In dem Ablaufdiagramm der Fig. 5 entspricht dies dem Schritt 501. Ansonsten kann es bei der Bestimmung der Geradengleichung aufgrund von Schwankungen der Meßwerte zu numerischen Schwierigkeiten kommen. Aus demselben Grund kann in einer besonders vorteilhaften Ausführ-

rungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens der Bereich der insgesamt auftretenden Drucke p_L entsprechend dem Schritt 502 und der Darstellung der Fig. 4 in mehrere Bereiche unterteilt werden. Es wird dann zunächst für jeden dieser Bereiche eine Mitteilung aller in den jeweiligen Bereichen auftretenden Meßwerte vorgenommen. Aus den gemittelten Werten dieser einzelnen Bereiche wird dann die Geradengleichung bestimmt. Es hat sich dabei als vorteilhaft erwiesen, den Bereich der auftretenden Drucke p_L in 6 Bereiche zu unterteilen.

Außerdem können neuere Meßwerte bei der Mittelung eine größere Gewichtung erfahren als frühere Meßwerte. Beispielsweise kann die Mittelung der früheren Meßwerte insgesamt mit 1 gewichtet werden und der aktuelle Meßwert gegenüber der Mittelung der früheren Meßwerte mit 0,25.

Das bisher beschriebene Verfahren stellt lediglich ein Ausführungsbeispiel dar, wie eine Zuordnung der Stellung s_{BW} des Bremswertgebers zu dem Sollwert des Druckes p_{KKB} erfolgen kann. Wesentlich an der Erfindung ist, daß die bei früheren stationären Bremsvorgängen ermittelten Zuordnungen bei künftigen Bremsvorgängen zur Bestimmung eines entsprechend Schritt 104 anzusteuern Wertes des Druckes p_{KKB} herangezogen werden.

So ist es beispielsweise auch möglich, mittels der Gl. (4) zunächst die Größen μ_{Anh} und β_{Anh} zu bestimmen, wobei diese Bestimmung beispielsweise mittels der Methode der Parameteridentifikation anhand von mehreren Meßpunkten erfolgen kann. Mit den auf diese Art und Weise bestimmten Größen μ_{Anh} und β_{Anh} kann dann auch für Werte des Druckes $F_{ALB} > 4$ bar die Gl. (5) gelöst werden.

Fig. 6 ist ein Verfahrensablauf der Regelung der Koppelkraft F_{Kop} zu entnehmen. Als Ausgangsgröße dieser Regelung ergibt sich ein Wert des Druckes p_{KKB} , der zu dem entsprechend Schritt 104 (Fig. 1) anzusteuern Wert des Druckes p_{KKB} addiert wird. Ziel dieser Regelung ist es, eventuell noch bestehende Koppelkräfte F_{Kop} durch diese Regelung auf ihren Sollwert $F_{Kop, soll}$ zu bringen. Da nun aber im normalen Fahrbetrieb Situationen auftreten können, in denen Koppelkräfte auftreten, die nicht ausgeregelt werden sollen, müssen vor dem Einsatz dieser Regelung zunächst einige Kriterien überprüft werden.

So darf diese Regelung beispielsweise bei Rückwärtsfahrt nicht in Aktion treten, da bei der Rückwärtsfahrt in der dann gültigen Fahrtrichtung gesehen der Anhänger vor dem Zugfahrzeug herfährt. Bremsst bei einer Rückwärtsfahrt beispielsweise der Anhänger schwächer als das Zugfahrzeug, tritt eine Koppelkraft $F_{Kop} > 0$ auf. Eine solche Koppelkraft F_{Kop} wird bei normaler Vorwärtsfahrt dadurch ausgeregelt, daß die Bremskraft (der Bremsdruck) des Anhängers abgeregelt wird. Im Falle der Rückwärtsfahrt würde durch eine solche Maßnahme aber die Koppelkraft F_{Kop} gerade weiter erhöht. Dies wäre zu umgehen, wenn man das Vorzeichen des Istwertes der Koppelkraft bei der Regelung ändert. Andererseits kann in einer vorteilhaften Ausführungsform die Regelung bei der Rückwärtsfahrt ausgeblendet werden, da Rückwärtsfahrten im allgemeinen nur langsam durchgeführt werden und infolge dessen auch keine kritischen Fahrzustände selbst beim Auftreten von Koppelkräften auftreten können. Deswegen wird in dem Schritt 601 anhand der Fahrzeuggeschwindigkeit v_f die Bedingung überprüft, ob eine Rückwärtsfahrt vorliegt. Ist dies der Fall, erfolgt keine Regelung der Koppelkraft. Andernfalls erfolgt ein Übergang zu dem Schritt 602, in dem eine weitere Prüfung stattfindet.

In dem Schritt 602 wird überprüft, ob der aus dem Zugfahrzeug und dem Anhänger bestehende Lastzug stillsteht. Beispielsweise können beim Anhalten am Berg zwischen Zugfahrzeug und Anhänger Verspannungen auftreten, die zu bleibenden Koppelkräften führen, so lange der Lastzug steht, wobei diese Koppelkräfte dann unabhängig von dem den Bremsdruck des Anhängers repräsentierenden Druck p_{KKB} sind. Deshalb wird gemäß dem Schritt 602 überprüft, ob der Lastzug steht, d. h. ob die Fahrzeuggeschwindigkeit v_f gleich 0 ist, wobei bei stehendem Lastzug die Koppelkraftregelung ausgeschaltet wird.

Weiterhin kann eine negative Koppelkraftspitze beim Beginn eines Bremsvorganges auftreten. Da dann durch die Regelung eine verhältnismäßig große Stellgröße ausgegeben wird, die in der Folge dann im allgemeinen zu einem Überspringen führt, ist es vorteilhaft, die Regelung zu Beginn eines Bremsvorganges auszublenden. Deshalb wird in dem Schritt 603 überprüft, ob seit Beginn des Bremsvorganges die Zeitdauer t_{Brem} vergangen ist. Diese Zeitdauer t_{Brem} hängt dabei wesentlich von dem Ansprechverhalten der Bremsen des Anhängers im Verhältnis zu den Bremsen des Zugfahrzeuges ab und kann in der Größenordnung von ca. 1 s liegen. Diese Koppelkraftspitze zu Beginn eines Bremsvorganges kann auch vorteilhaft dadurch minimiert werden, daß zu Beginn eines Bremsvorganges ein Druckinshot durchgeführt wird, indem beispielsweise ein Wert des Druckes p_{KKB} von ca. 3 bar für eine Zeitdauer von ca. 0,5 s angelegt wird.

Aufgrund von Ventilhysteresen und Schwankungen in der Reibung der Radbremsen ist es weiterhin vorteilhaft, die Regelung erst bei einem Druck oberhalb eines Wertes von beispielsweise $p_{KKB} > 0,5$ bar zu aktivieren, da es sonst zu Instabilitäten in der Regelung kommen kann. Bei niedrigen Bremsdrücken kommt es nur zu geringen Verzögerungen, so daß der Bremsvorgang insgesamt nicht instabil werden kann. Deswegen wird in dem Schritt 604 überprüft, ob der Druck p_{KKB} einen bestimmten Schwellwert $p_{KKB, Schwelle}$ überschritten hat.

Außerdem wird in dem Schritt 605 geprüft, ob der Lastzugführer eine Dauerbremsanlage wie z. B. eine Motorbremse oder einen Retarder eingeschaltet hat. In diesem Fall kommt es zu Koppelkräften, die nicht ausgeregelt werden sollen. Bei einer Bergabfahrt könnten sich die Bremsen des Anhängers überhitzen, wenn das Zugfahrzeug mittels der Motorbremse abgebremst wird. Im Falle, daß die Dauerbremsanlage allein betätigt wird, erfolgt somit keine Regelung der Koppelkraft F_{Kop} .

In dem Schritt 606 wird überprüft, ob zusätzlich zur Dauerbremsanlage noch die Betriebsbremsanlage des Lastzuges betätigt wird. In diesem Fall kann entsprechend der Darstellung in dem Schritt 607 als Sollwert $F_{Kop, soll}$ der Koppelkraft eine Größe berechnet werden, die die Betätigung der Dauerbremsanlage berücksichtigt. Allgemein ergibt sich die Koppelkraft F_{Kop} nach folgender Gleichung:

$$F_{Kop} = \frac{m_{Anh} \cdot m_{LKW}}{m_{Anh} + m_{LKW}} \cdot (z_{LKW} - z_{Anh}) \quad (8)$$

Darin bedeuten:

z_{Anh} : Masse des Anhängers und
 m_{LKW} : Masse des Zugfahrzeuges.

Wenn die Masse des Zugfahrzeuges und des Anhängers sowie die sich durch das Bremsmoment der Dauerbremse, das zu einer Bremskraft am Rad führt, und der Masse des Zugfahrzeuges ergebende Verzögerung des Zugfahrzeuges bekannt sind, erhält man als Sollwert $F_{\text{Kop, soll}}$ der Koppelkraft den sich aufgrund des alleinigen Betriebes der Dauerbremsanlage ergebenden Wert der Koppelkraft F_{Kop} entsprechend oben angegebener Gl. (8), indem man die Verzögerung des Anhängers gleich 0 setzt. Alternativ kann die Bestimmung der Koppelkraft F_{Kop} in dem Schritt 607 auch erfolgen, indem der gemessene Wert der Koppelkraft F_{Kop} beim Betrieb der Dauerbremsanlage ohne gleichzeitige Betätigung der Betriebsbremsanlage bei der Bestimmung des Sollwertes $F_{\text{Kop, soll}}$ berücksichtigt wird. Ebenso ist es auch möglich, bei Betätigung der Dauerbremsanlage unabhängig vom Betätigen der Betriebsbremsanlage die Regelung auszublenden.

Entsprechend der Darstellung in dem Schritt 608 erfolgt dann eine Regelung des Druckes p_{KKB} auf einen solchen Wert, daß die Koppelkraft F_{Kop} ihren Sollwert $F_{\text{Kop, soll}}$ erreicht. Diese Regelung kann dabei beispielsweise mittels eines PID-Reglers erfolgen, wobei sich zeigte, daß ein stabiles Regelverhalten erreicht wurde bei einer Abtastzeit des Reglers von ca. 50 ms und Reglerparametern, die folgende Größenordnungen annehmen können:

$K_p = 0,06 \text{ bar/kN}$

$T_I = 0,73 \text{ s}$

$T_D = 0,19 \text{ s}$.

Ebenso besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, andere Reglerarten wie z. B. einen Mehrpunktregler einzusetzen.

Entsprechend der Darstellung der Fig. 7 ergibt sich nun ein Funktionsblockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wirkt auf den Lastzugführer entsprechend dem Block 701 der spürbare Istwert der Verzögerung z ein sowie ein sich aus der allgemeinen Fahrsituation ergebender Sollwert für die Verzögerung z . Der Fahrer wirkt in diesem Fall als Regler, der in Abhängigkeit von der Regeldifferenz entsprechend dem Block 702 das Bremspedal betätigt. Die Betätigung des Bremspedals führt entsprechend dem Block 703 unmittelbar unter Berücksichtigung des Bremsverhaltens des LKW zu einer Verzögerung z_{LKW} des LKW. Weiterhin wird durch die Betätigung des Bremspedals die elektronische Steuerung 704 aktiviert, die einen anzusteuernenden Sollwert für den Druck p_{KKB} in Abhängigkeit der Betätigung des Bremspedals ausgibt. Zu diesem Sollwert wird zusätzlich ein Ausgangswert des Reglers 705 addiert. Dieser sich so ergebende Wert des Bremsdruckes p_{KKB} führt dann entsprechend dem Block 706 zu einer Verzögerung z_{Anh} des Anhängers. Außerdem wird die elektronische Steuerung 704 von dem Regler 705 unmittelbar beeinflusst, wenn ein stationärer Bremsvorgang vorliegt, indem die Zuordnung der Stellung des Bremspedals zu dem momentanen Wert des Druckes p_{KKB} bei künftigen Bestimmungen eines anzusteuernenden Sollwertes berücksichtigt wird. Entsprechend dem Block 707 kommt es zu einer Gesamtverzögerung z des Lastzuges, die der Fahrer als Istwert wahrnimmt. Außerdem treten bei unterschiedlichen Verzögerungen des Zugfahrzeuges und des Anhängers Koppelkräfte auf, die von dem Sensor 708 erfaßt werden und von einem Sollwert $F_{\text{Kop, soll}}$ subtrahiert werden, um dann dem Regler 705 als Eingangsgröße zugeführt zu werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines momentan optimalen Druckes der Bremsen eines mit einem Zugfahrzeug verbundenen Anhängers oder Aufliegers im Sinne einer Anpassung der zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhänger bzw. Auflieger auftretenden Koppelkraft an die momentan vorliegenden Verhältnisse, dadurch gekennzeichnet, daß bei wenigstens einem Bremsvorgang, bei dem sich die Koppelkraft F_{Kop} gleich ihrem Sollwert $F_{\text{Kop, soll}}$ eingestellt hat (106) die Zuordnung des Druckes p_{ALB} der Bremsen des Zugfahrzeuges zu dem Druck p_{KKB} bestimmt wird, daß aus den ermittelten Zuordnungen im Bereich kleiner Werte des Druckes p_{ALB} unter Berücksichtigung der Parameter μ_1, LKW , μ_2, LKW , β_1, LKW und β_2, LKW auf die Zuordnungen im Bereich größerer Werte des Druckes p_{ALB} geschlossen wird, daß bei nachfolgenden Bremsvorgängen (103) der anzusteuernende Wert des Druckes p_{KKB} der Bremsen des Anhängers (104) zumindest mittelbar aus der Zuordnung des Druckes p_{ALB} der Bremsen des Zugfahrzeuges zu dem Druck p_{KKB} (107) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zu dem anzusteuernenden Wert des Druckes p_{KKB} (704) eine solche Ausgangsgröße der Regelung (705) addiert wird, daß die Koppelkraft F_{Kop} gleich ihrem Sollwert $F_{\text{Kop, soll}}$ wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß keine Regelung der Koppelkraft F_{Kop} erfolgt, wenn wenigstens eine der Bedingungen erfüllt ist:

- das Fahrzeug befindet sich in Rückwärtsfahrt (601),
- der aus dem Zugfahrzeug und dem Anhänger bestehende Lastzug steht (602),
- seit Beginn des Bremsvorganges ist lediglich eine solche Zeitspanne vergangen, daß die am Beginn eines Bremsvorganges entstehende Koppelkraftspitze noch ansteht (603) und
- es handelt sich um einen schwachen Bremsvorgang (604).

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß keine Regelung der Koppelkraft erfolgt, wenn eine Dauerbremsanlage in Betrieb ist (605).

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei gleichzeitigem Betrieb einer Dauerbremsanlage und der Betriebsbremse (605, 606) nur die aufgrund der Betätigung der Betriebsbremse entstehende Koppelkraft F_{Kop} ausgeregelt wird (607).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler ein PID-Verhalten aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck p_{ALB} dem Druck p_{KKB} unmittelbar zugeordnet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die die Größe des Druckes p_{ALB} bestimmende Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers dem Druck p_{KKB} zugeordnet wird. 5
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet
 - daß der Druck p_{ALB} so in einen Wert des Druckes p_L umgerechnet wird, daß sich beim Auftragen der Verzögerung z_{LKW} über dem Druck p_L eine durchgehende Gerade ergibt,
 - daß zur Bestimmung eines anzusteuernenden Wertes des Druckes p_{KKB} aus wenigstens zwei Meßpunkten die Geradengleichung zwischen dem Druck p_{KKB} und dem Druck p_L bestimmt wird und 10
 - daß unter Verwendung der Zuordnung zwischen dem Druck p_L und der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers die Zuordnung der Stellung s_{BWG} des Bremswertgebers zum Druck p_{KKB} ermittelt wird (107).
- wenn die Koppelkraft F_{Kop} gleich ihrem Sollwert $F_{Kop, soll}$ ist (106). 15
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindestabstand wenigstens zweier Meßpunkte für den Wert des Druckes p_L größer als 1 bar ist (501).
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
 - daß die Meßwerte zunächst in einzelne Bereiche bezüglich des Druckes p_L aufgeteilt werden,
 - daß eine Mittelung der Meßwerte in den einzelnen Bereichen erfolgt (502) und 20
 - daß mittels der in den einzelnen Bereichen gemittelten Werte eine Bestimmung der Parameter der Geradengleichung vorgenommen wird (503).
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Reset der Zuordnung der Werte des Druckes p_{KKB} zu den Werten des Druckes p_{ALB} bzw. zu den Stellungen s_{BWG} des Bremswertgebers erfolgt, wenn der Lastzug länger als eine bestimmte Zeitdauer stillsteht. 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Reset der Zuordnung der Werte des Druckes p_{KKB} zu den Werten des Druckes p_{ALB} bzw. zu den Stellungen s_{BWG} des Bremswertgebers erfolgt, wenn der Motor des Lastzugs ausgeschaltet wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

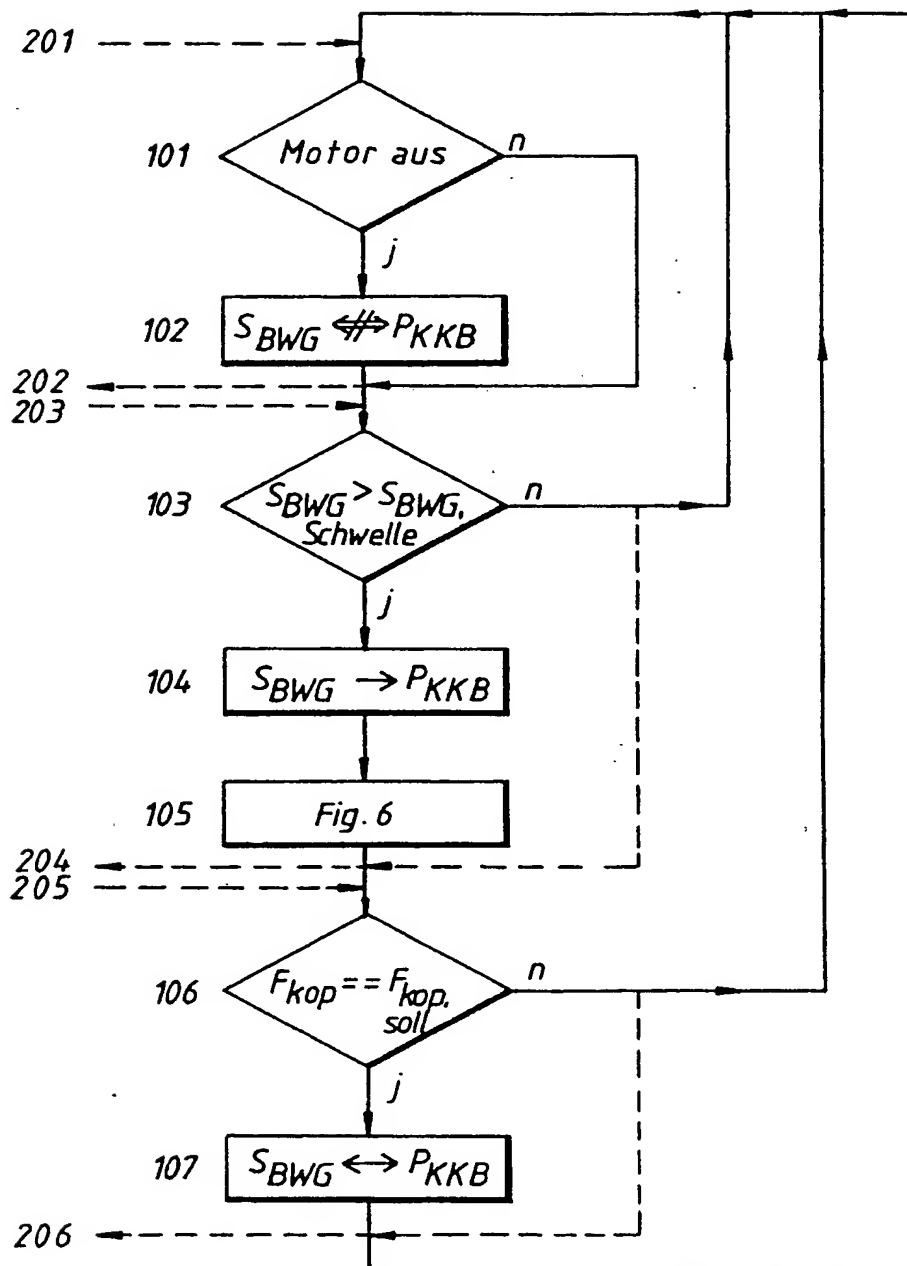


Fig. 1

Fig. 2

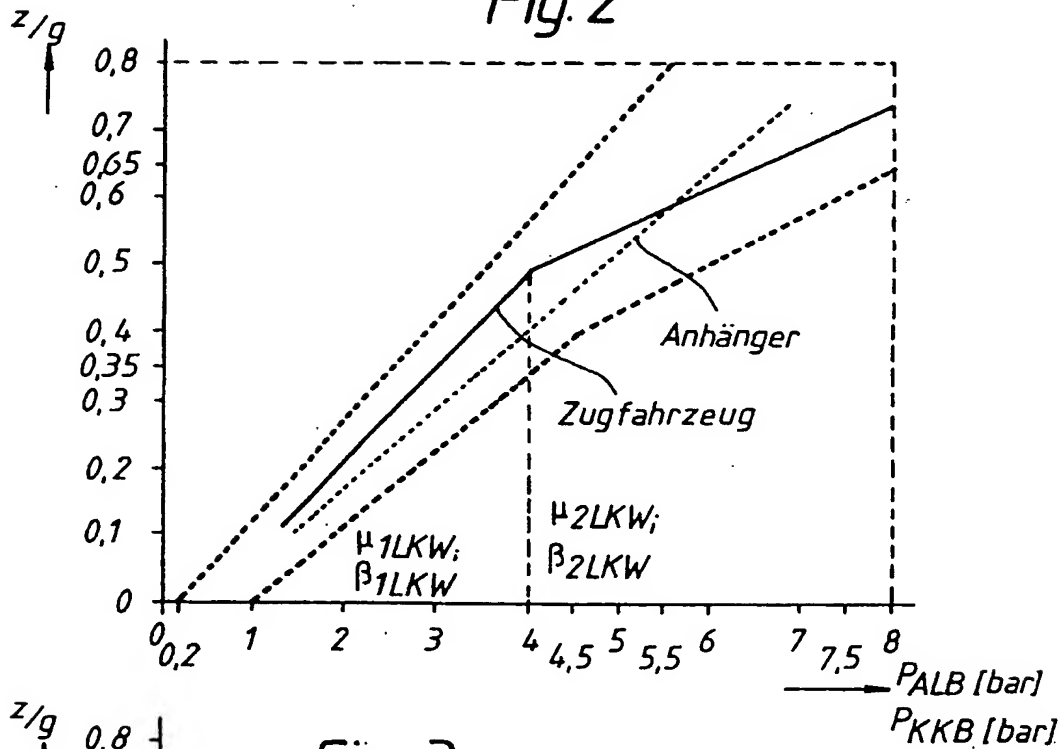


Fig. 3

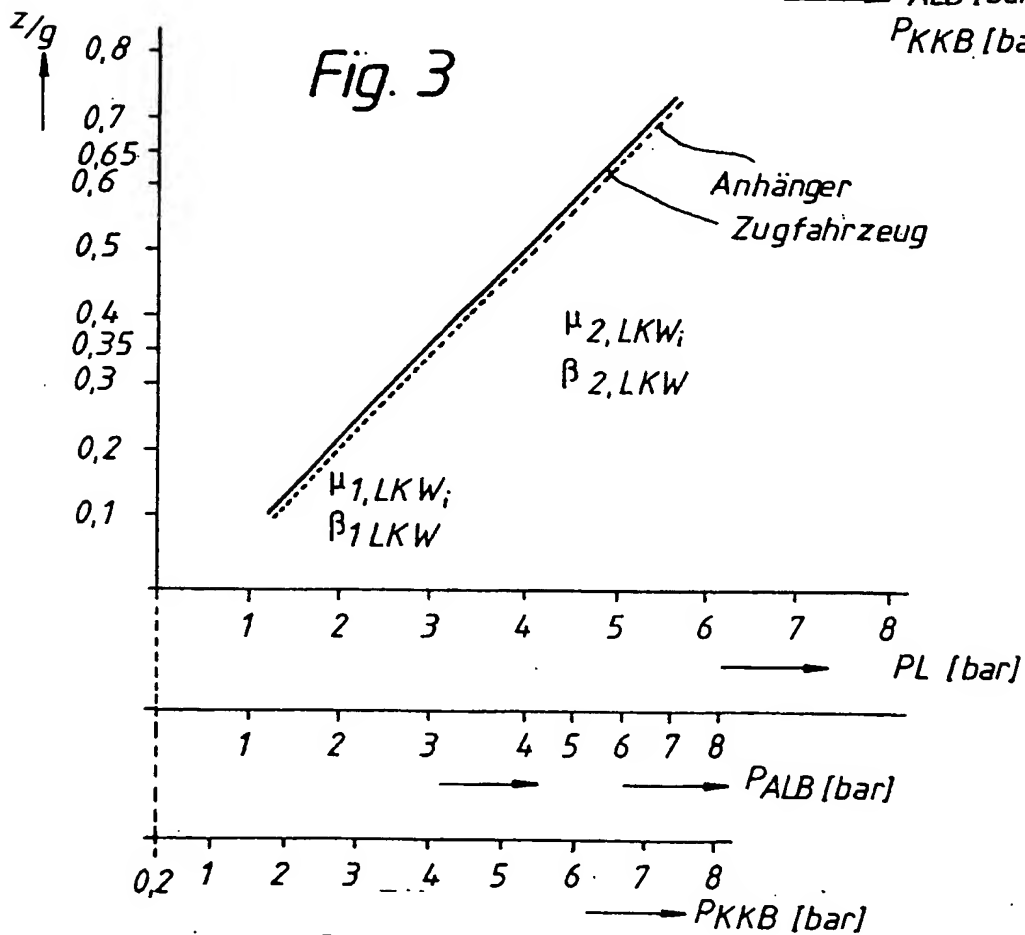


Fig. 4

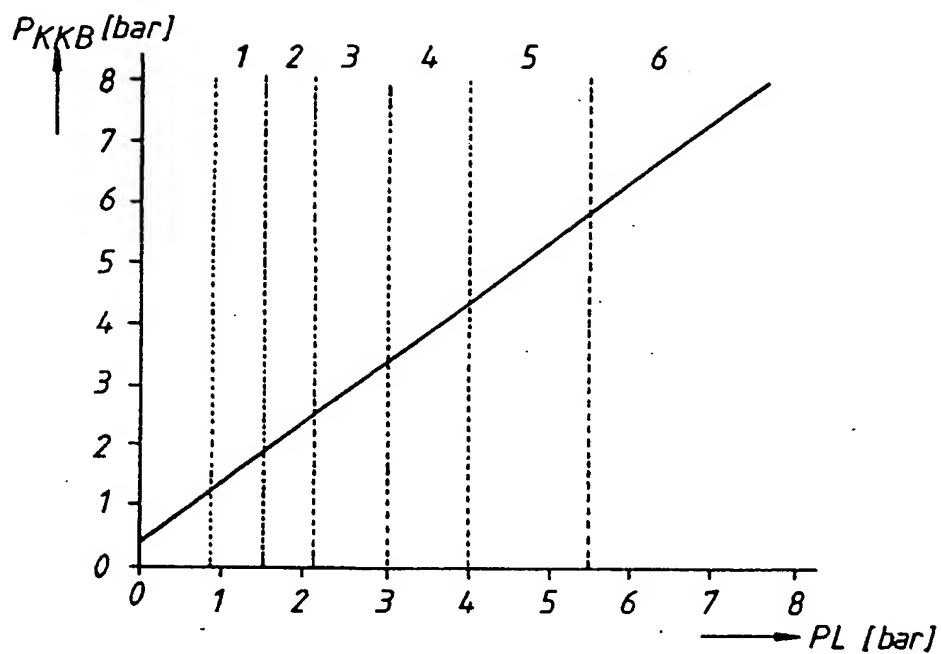
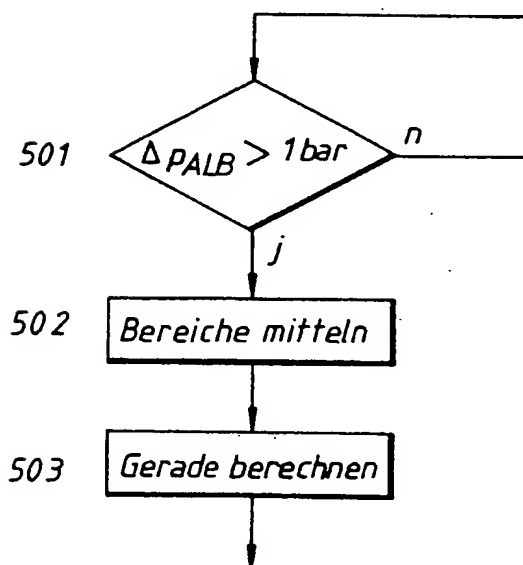


Fig. 5



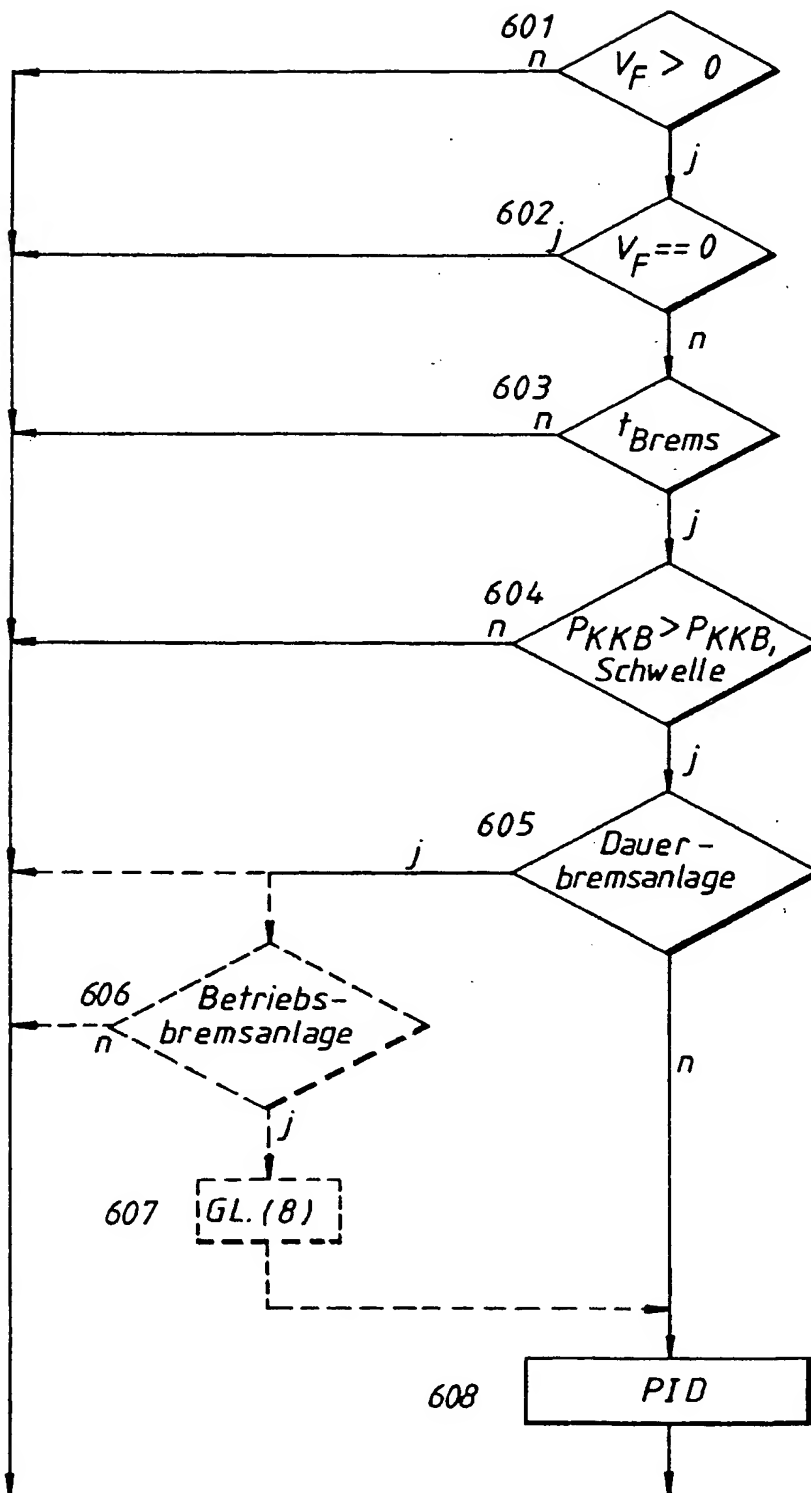
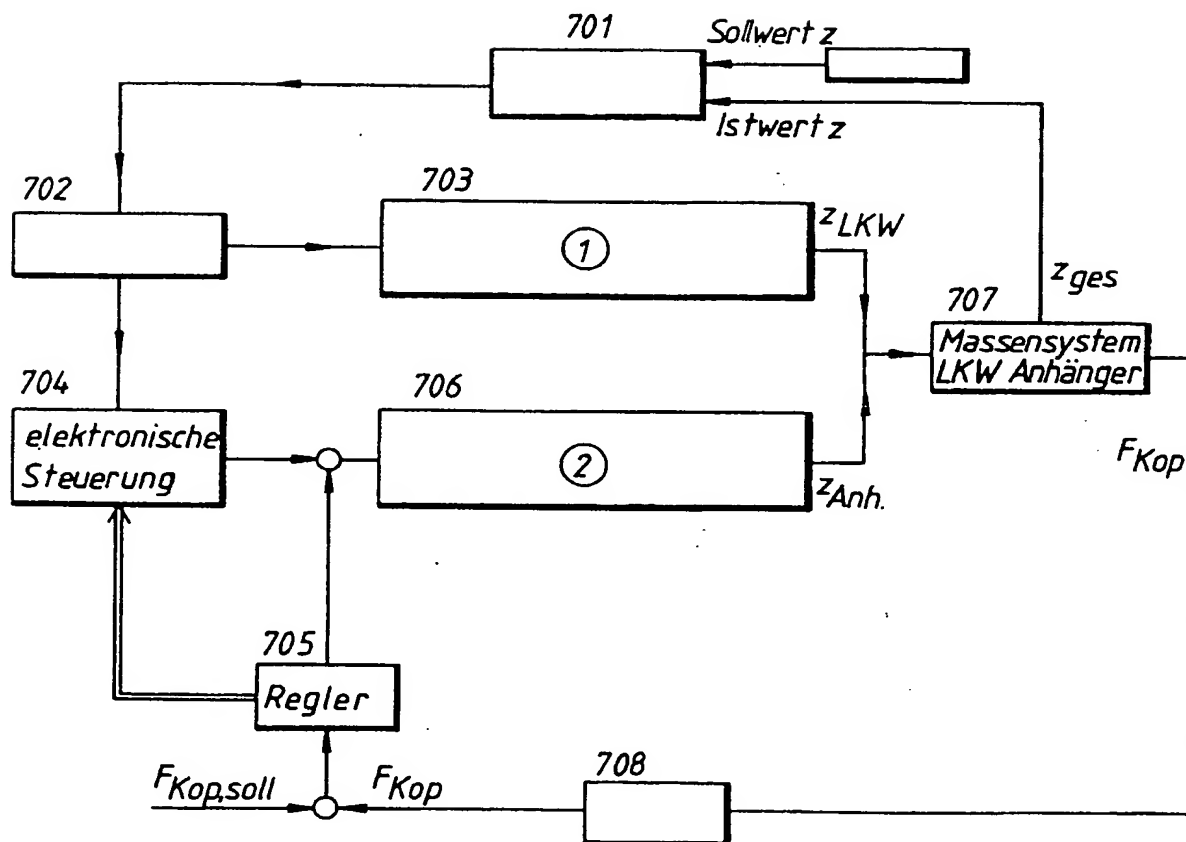


Fig.6

Fig. 7



- ① Bremsverhalten LKW
- ② Bremsverhalten Anh.